

УДК 622.281; 622.831; 622.834

В.Е. Ануфриев, А.С. Позолотин, А.А Ренев, В.М. Рычковский, Ю.Ю.Самолетов

ОПЫТ ДОУПРОЧНЕНИЯ КАНАТНЫМИ АНКЕРАМИ КРОВЛИ ВЫРАБОТОК, СОХРАНЯЕМЫХ НА ГРАНИЦЕ С ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

Применение анкеров глубокого заложения для доупрочнения контура горных выработок в различных угледобывающих странах (США, Австралия, Англия и др.) повышает уровень безопасности работ, снижает материалоемкость крепления и затраты на крепление.

К области применения двухуровневого крепления относятся протяженные участки горных выработок, пересекающих геологические нарушения, сопряжения выработок, сопряжения с очистным забоем, монтажные выработки, а также выработки, сохраняемые на границе с выработанным пространством.

К анкерам глубокого заложения принято относить анкеры, длина которых превышает высоту выработки. К анкерам глубокого заложения относятся канатные и составные анкеры (рис.1).

Некоторый опыт применения составных и канатных анкеров на шахтах Кузбасса и развития технологии их изготовления указывает на то, что наибольшую перспективу использования в качестве анкеров глубокого заложения имеют канатные анкеры по факторам относительного удлинения, удельной прочности, технологичности и затратам на бурение.

В процессе исследования на-

грузочной способности канатного анкера (рис.2) было установлено, что на пределе текучести после предварительного опрессования доля относительного удлинения каната составляет 0,8-0,9 %, доля смещения муфты относительно каната составляет 0,4-0,5 % (табл 1). Таким образом, суммарные относительные удлинения канатного анкера составляют < 1,5%.

В отдельных случаях введение составных анкеров при доупрочнении кровли невозможно в условиях присутствия в кровле руинной зоны мощностью 1-1,5 м и более и наличия муфты, соединяющей груzonесущие стержни. Использование же канатных анкеров по опыту ш. Заречная в таких условиях позволяет успешно осуществлять доупрочнение кровли и подвешивать монорельсовые дороги к кровле эксплуатируе-

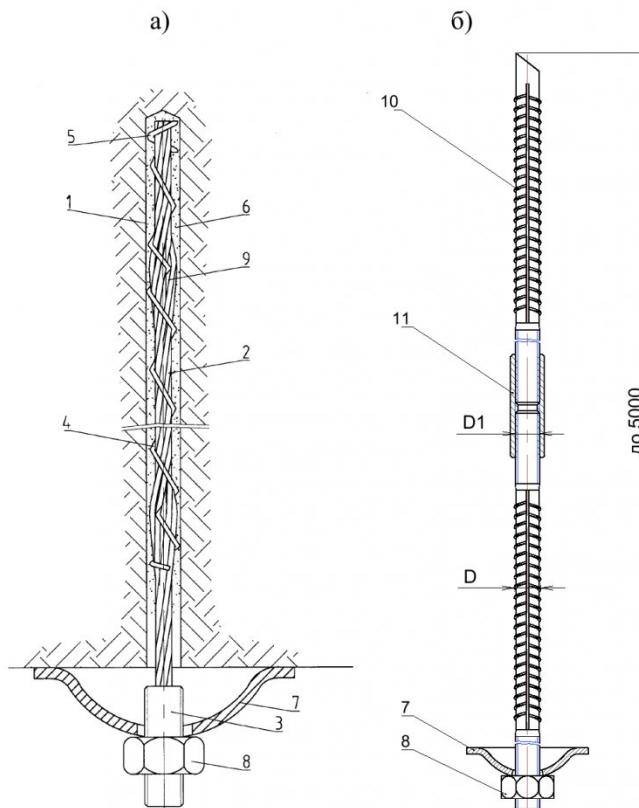


Рис. 1 Анкеры глубокого заложения: а) канатный анкер; б) составной анкер: 1 – шпур; 2 – канат; 3 – опорная муфта; 4 – проволочная спираль левой свивки; 5 – спираль правой свивки (винт); 6 – минеральная композиция; 7 – полусферическая шайба; 8 – гайка; 9 – местный узел уширения; 10 – стержень анкера; 11 – муфта

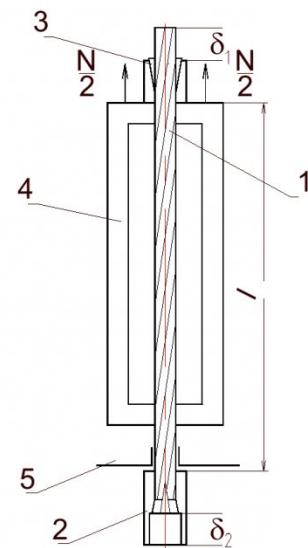


Рис.2 Измерительная схема нагружения канатного анкера AK01.000 для определения относительных деформаций
1 – канатный анкера; 2 – соединительная муфта; 3 – цанговый захват;
4 – нагрузочная колонна; 5 – гидроцилиндр

мых горных выработок.

Из вышесказанного следует, что вследствие низкого уровня относительных деформаций на пределе текучести (20 т) канатный анкер имеет наибольшую перспективу для использования в качестве анкеров глубокого заложения в сложных условиях поддержания выработок.

Разработанная конструкция и технология обеспечивает возможность ампульного способа закрепления канатного анкера минеральной композицией с предварительным его натяжением до 20-30 кН без времени ожидания отверждения минеральной композиции (МК).

Эксплуатационные испытания таких анкеров и ампул были проведены на ш. Распадская. Испытания канатных анкеров с ампулами АМК осуществлялось на вентиляционном штреке 5а-10-16:1.

Пласт 10 мощностью 1,58 – 1,90 м залегает под углом 5-8° и включает 1-2 породных прослоя мощностью 0,25-0,6 м. Крепость угля 0,8 -1,0.

Непосредственная кровля представлена алевролитом мелкозернистым трещиноватым, местами с зеркалами скольжения. Зона неустойчивой кровли связана с наличием в кровле пласта 10 отделившимся от него маломощной пачки угля (0,2-0,4 м). Мощность алевролита между пластом 10 и линией отщепления изменяется от 0,5 до 4,0 м. Крепость алевролита 4-5.

Основная кровля представлена песчаниками мелкозернистыми мощностью от 7,0-20,0 м. Крепость песчаников 7-8.

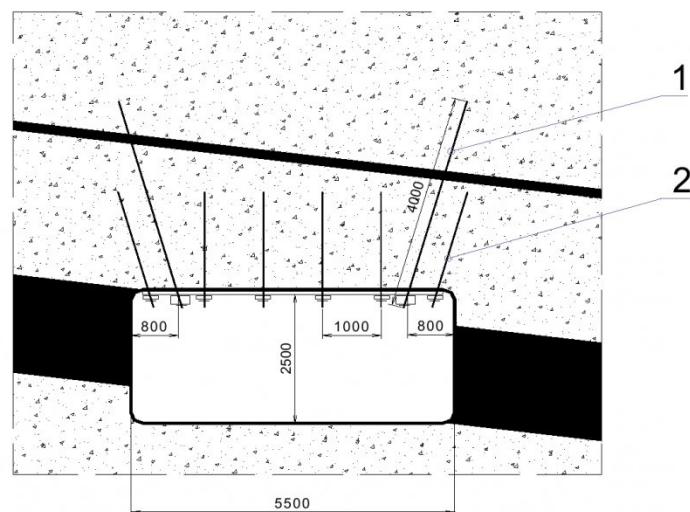


Рис. 3 Схема установки канатных анкеров в вентиляционном штреке 5а-10-16:1 – 1 – канатный анкер; 2 – сталеполимерный анкер

Вентиляционный штрек пройден сечением 14,3 м², ширина 5,5 м и высота 2,6 м. Штрек закреплен сталеполимерной анкерной крепью АСП-1. Длина анкера 2,2 м, установлено 6 анкеров в ряду, шаг 1,0 м.

В процессе эксплуатации выработки проводились регулярные наблюдения за состоянием кровли на данном участке, которыми было выявлено устойчивое равномерное смещение кровли достигающее местами от 30 до 50 мм.

На основании наблюдений было принято решение участки с наибольшими смещениями кровли усилить канатными анкерами АК01.000 длиной 4,0 м с ампулами АМК под подхват из СВП-17 длиной 400-500 мм.

Усиление производилось двумя канатными анкерами в

ряду с шагом между рядами 2,0 м. (рис. 3).

Канатные анкеры закреплялись тремя ампулами АМК470 с минеральной композицией. На конце каната анкера была установлена спираль опорная Ø27 мм, на интервале закрепления 1200 мм было размещено 3 узла уширения, что обеспечивало равнопрочность закрепления на контактах каната с минеральной композицией и породными стенками шпура.

Испытания величин предварительного натяжения анкеров, закрепляемых ампулами АМК, осуществлялось штанговыдергивателем ПКА1.

При закреплении канатных анкеров тремя ампулами АМК в шпурах Ø30, предельная нагрузка, измеряемая штанговыдергивателем через 5-6 мин после установки анкера, составляла 2,0-2,5 тс. Через 24 часа за-

Результаты испытаний нагрузочных свойств канатных анкеров до предела текучести (200 кН)
с муфтой Трап 40x3 (длина каната 2450 мм)

№ опыта	Предварительная опрессовка муфты при сборке, кН	Смещения каната относительно цанги (δ_1), мм	Смещения хвостовика каната относительно муфты, (δ_2), мм	Относительное удлинение каната, %	Относительное удлинение канатного анкера, %
1	–	10	13,5	0,88	1,43
2	18	10	10,5	0,88	1,30
3	30	8	11	0,9	1,35
4	30	8,5	10,5	0,86	1,30
5	45	7	10,8	0,9	1,35

Таблица

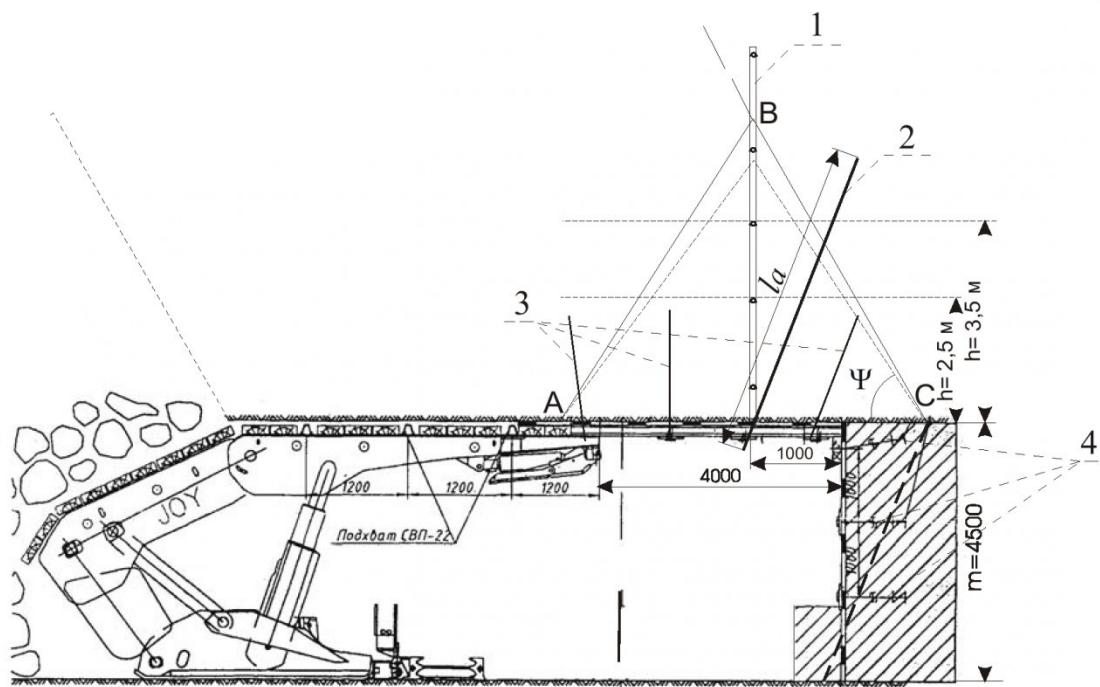


Рис. 4. Схема установки канатных анкеров в демонтажной скважине:
1 – шпур с глубинными реперами; 2 – канатный анкер;
3 – сталеполимерные анкеры в кровле демонтажной камеры;
4 – сталеполимерные анкеры в борту демонтажной камеры

крепление анкера 3 ампулами АМК становится равнопрочным.

Возможность задания предварительного натяжения без времени ожидания отверждения МК обеспечивается наличием опорной спирали на конце каната у забоя шпура.

Малый кольцевой зазор между опорным винтом спирали и стенкой скважины при перемещении к устью скважины в процессе предварительного распора обеспечивает переуплотнение раствора минеральной композиции под винтом спирали. Вода в переуплотненном участке (3-5 диаметров шпура) раствора отжимается в трещины и поры стенок шпура. В этой переуплотненной обезвоженной области (5-6 диаметров шпура) твердые частицы МК теряют возможность вращения и обтекания, вследствие чего возникает сопротивление сдвигу. Это сопротивление сдвигу создает возможность задания предварительного натяжения при перемещении головки анкера относительно негладких стенок шпура. Возникновение клинового эф-

фекта под головкой винта спирали, а также в некоторой части его проявления на участках местного уширения диаметра канатного анкера при предварительном натяжении без времени ожидания отверждения минеральной композиции при длине закрепления каната 1200 мм обеспечивает заданное сопротивление выдергиванию.

Сопротивление выдергиванию канатного анкера (адгезионная прочность) по аналогии с комбинированным анкером на стадии предварительного натяжения на интервале смещения хвостовика анкера относительно гайки 0-17 мм описывается зависимостью вида

$$N = \tau_0 \cdot \pi d \cdot k \cdot h \cdot e^{\frac{a}{U+bt}},$$

где k , a , b – эмпирические коэффициенты; τ_0 – начальное сопротивление сдвигу минеральной композиции, МПа, h – длина закрепляющей втулки; U – смещения хвостовика анкера при предварительном натяжении анкера; S – площадь коль-

цевого зазора; t – время после замачивания ампул.

Технология доупрочнения канатными анкерами кровли выработок, сохраняемых на границе с выработанным пространством основана на подвеске неустойчивой поддерживае-

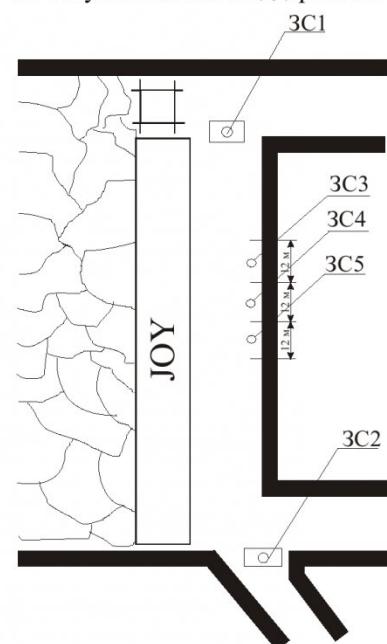


Рис. 5 Схема размещения закрепленных станций в демонтажной камере лавы 5a-6-16

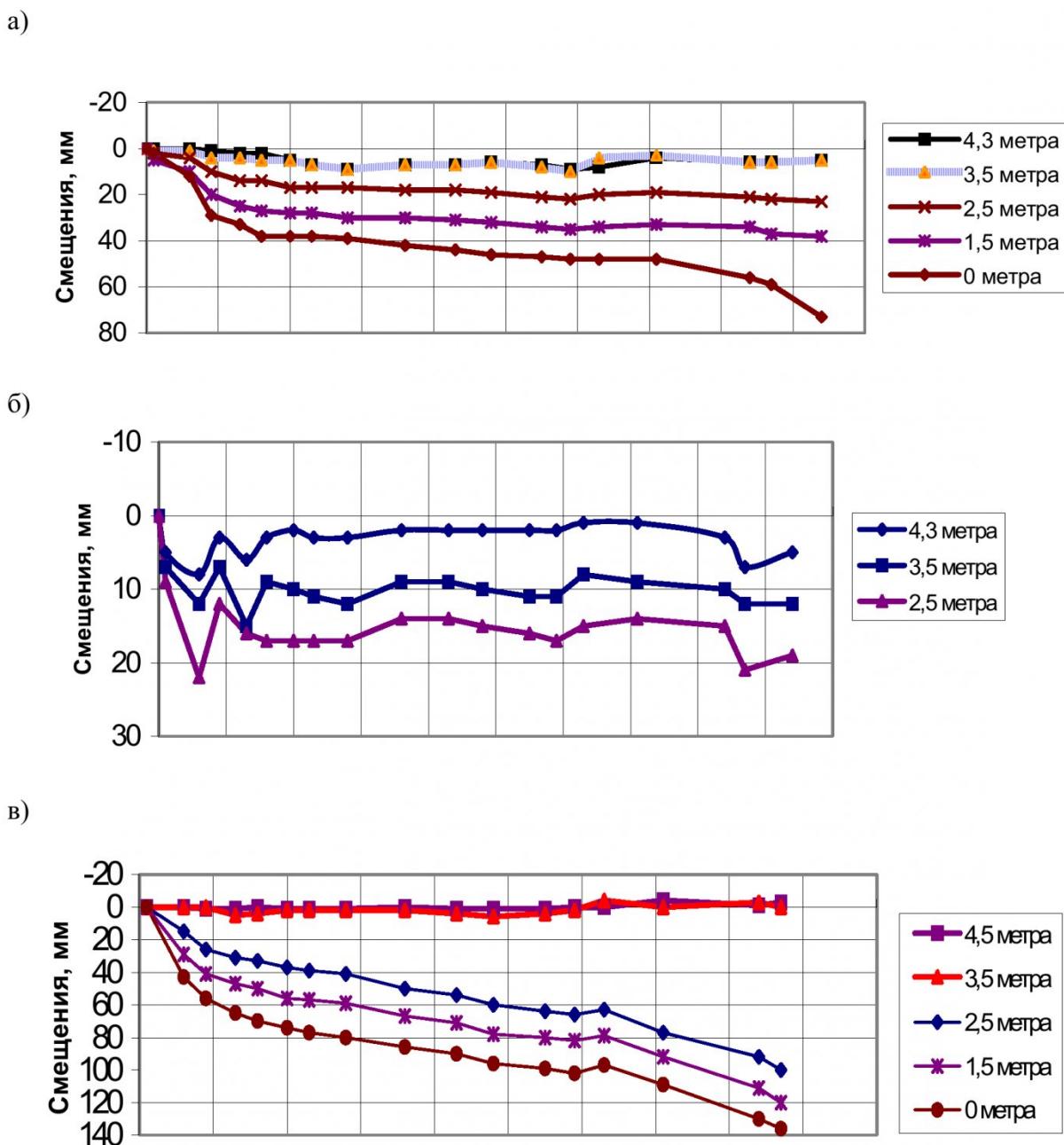


Рис.6. Смещения глубинных реперов относительно опорного репера, установленного на глубине
а) 5,5 (3С№3) на участке доупрочнения канатными анкерами длиной 4 м,
б) 5,5 (3С№4) на участке доупрочнения канатными анкерами длиной 5 м,
в) 5,1 (3С№5) на типовом участке поддержания кровли органным рядом

мой части кровли к устойчивой границе которой определяется углами полных сдвигений. В таком случае блочная структура кровли, поддерживаемая канатными анкерами смещается с некоторым запаздыванием и поворотом вокруг шарнира в краевой зоне угольного пласта. За время запаздывания поддерживаемая канатными анкерами

и вышерасположенные консоли блоков подбучиваются обрушенными породами.

Первый положительный опыт технологии доупрочнения кровли канатными анкерами при сохранении газодренажного канала в вентиляционном штреке лавы № 24-42 пласта Болдыревского получен на ш. им. С.М. Кирова при от-

работке пласта Болдыревского мощностью 1,5 – 2,0 м на глубине 120 м.

Эксплуатационные испытания доупрочнения кровли канатными анкерами были проведены на ш. Распадская.

Демонтажную камеру, охраняющую механизированной крепью «JOY» с несущей способностью 800 тс, можно рассматривать

вать как выработку, охраняемую узким целиком.

За механизированной крепью в выработанном пространстве происходит беспорядочное обрушение пород. Подработанные обрушенные породы получают опору на почве пласта и создают подпор для прогибающихся слоев кровли и почвы. Мощность обрушенных пород не превышает 4-6 кратной мощности (m) пласта угля и составляет для $m=4,5$ м высоту 18-27 м. Поверхность наклоненная под углом полных сдвигений ψ_3 ограничивают зону обрушений, сдвигений пород от секции крепи до поверхности исходящей из краевой зоны угольного пласта.

По данным работ Петухова И.М., Линькова А.М. [1] углы ψ_3 полных сдвигений определяются прочностью вмещающих пород. Эту зависимость можно аппроксимировать линейным уравнением вида

$$\psi_3 = -1,6936 \cdot f + 64.898,$$

где f – крепость вмещающих пород по Протодьяконову.

Для пород крепостью $f=4-6$ углы полных сдвигений составляют $55-59^\circ$.

Возможные обрушения пород в демонтажной камере охраняется искусственным целиком, как и в случае полной подработки будут определяться треугольником ABC с основанием AC и наклоном граней под углами ψ_3 . Обрушение в виде треугольных призм, пирамид на высоту h могут быть ограничены поверхностями наклоненными под углами ψ_3 полных сдвигений и плоским дном из прочных прослоев алевролита ограничивающих высоту обрушений и обладающих некоторой несущей способностью (рис. 4).

При отсутствии точных сведений о строении, структуре и прочности пород длины канатных анкеров на замерных станциях №3 (ЗС№3) и №4 (ЗС№4) были выбраны из расчета закре-

пления их за границей углов полных сдвигений $\psi_3 = 55-59^\circ$. На ЗС №3 длина канатных анкеров составляла $l_a = 4$ м, на ЗС№4 – $l_a = 4$ м. На ЗС№5 – типовое крепление (рис.5).

Для обоснования параметров канатных анкеров велись наблюдения за расслоением пород кровли в демонтажной камере, которые иллюстрируют графики рис 6 а,б,с.

Из данных наблюдений (с 01.04 по 10.06 с интервалом 10 дней) за расслоением пород кровли по глубинным реперам следует, что структура пород кровли блочная, о чем свидетельствует смена знаков относительных смещений реперов вследствие вращения блоков над искусственной опорой (рис.6 а,б).

Процесс сдвига и обрушения кровли на участке неупрочненной канатными анкерами в демонтажной камере экранирует поверхность более прочных слоев непосредственной кровли. Эта поверхность расположена на интервале глубины 2,5-3,5 м об этом можно судить по совместному отслоению (ЗС№5) нижних слоев кровли мощностью $\geq 2,5$ м (рис.6 в). Интервал между реперами $R_{3,5}$ и $R_{2,5}$ за время наблюдений увеличился на 100 мм. Другие интервалы изменились за это же время не более чем на 20 мм.

Вследствие этого можно заключить, что выше глубины 3,5 м залегают слои, обладающие достаточной несущей способностью и которые экранируют процесс сдвига и обрушения в демонтажной камере.

На опытных участках, где кровля доупрочнена канатными анкерами, расслоение кровли на интервале 2,5-3,5 м незначительно и не превышает 18 мм на конечной стадии наблюдений (рис. 6 а, б).

На замерной станции №4 (рис.6 б), где кровля доупрочнена канатными анкерами длиной 5 метров максимальное расслоение интервала 2,5-3,5 со-

ставило 9 мм, то есть меньше, чем на участке доупрочненном канатными анкерами длиной 4 м (ЗС№3) в два раза.

Относительные суммарные деформации кровли на замерной станции опытного и типового участка определены по формуле

$$n_{on}(mun) = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta R_i}{(h_{i+1} - h_i)},$$

где $\Delta R_i = (R_{i+1} - R_i)$ - деформация интервала между соседними глубинными реперами, мм;

$h_{i+1} - h_i$ - интервал между соседними реперами, мм.

В качестве критерия сравнительной оценки работоспособности новой и типовой крепи используется отношение суммарных относительных деформаций приконтурного массива сравниваемых участков

$$n_p = \frac{n_{tip}}{n_{on}},$$

где n_{on} - относительные деформации кровли на опытном участке с новой крепью (канатные анкеры);

n_{tip} - относительные деформации кровли на участке с типовой крепью (органный ряд и анкеры длиной 2,4-3,0 м).

На сравниваемых интервалах по глубине 2,5-5,5 м (рис. 6 а,б,в) на опытных участках ЗС3, ЗС4 и типовом ЗС5 с типовым креплением в виде органического ряда

$$n_p = \frac{n_{tip}}{n_{on}} = \frac{11,97}{2,1} = 5,7.$$

Как видно на рис. 7, расслоение кровли на опытных участках поддержания кровли канатными анкерами в несколько раз меньше расслоения, чем на участке с типовым креплением (органический ряд).

Таким образом, канатные анкеры подшли отслоившиеся слои кровли к контуру устойчивой пачки слоев массива. Кровля пласта на опытных участках имела безопасное состояние.

Необходимо отметить, что отдельные подхваты (СВП-22)

на опытном участке с канатными анкерами длиной 5 метров были незначительно деформированы в окрестности опорных муфт канатных анкеров и приняли уступную форму вниз в сторону механизированной крепи.

Учитывая изменчивость свойств массива, расстояние до несущего слоя кровли может существенно изменяться. Вследствие этого за основу расчета надежнее за контур устойчивой части массива принимать углы ψ_3 полных сдвижений с учетом величины отжима краевой части угольного пласта. Для условий кровли пласта в районе демонтажной камеры лавы 5а-6-16 эти углы равны 55-59°. К расчету, с некоторым запасом, следует принимать угол $\approx 60-62^\circ$, а длину анкеров $l_a = 5\text{м}$.

Минимальный интервал закрепления полиэфирной смолой канатного анкера за контуром устойчивой части массива $\geq 900\text{мм}$, при закреплении минеральной композицией $\geq 1200\text{мм}$. В этом случае обеспечивается равнопрочность закрепления.

На нижнем сопряжении по

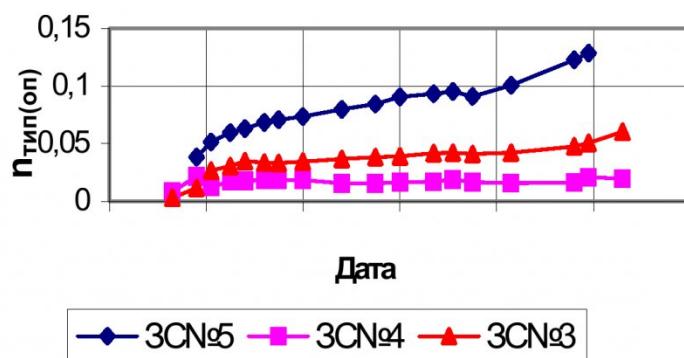


Рис.7. Поинтервальная дезинтеграция кровли на опытных участках

данным визуальных наблюдений после демонтажа секций крепи контур обрушения (в отличие от коротких $l_a = 2,2-3\text{ м}$ сталеполимерных анкеров) обтекал опорные элементы канатных анкеров, а там где они не были установлены, контур обрушения углубился в выработку.

Отдельные опорные элементы канатных анкеров на со пряжениях обтекались непосредственной кровлей с образованием уступов величиной 50-80 мм. При этом нагрузка на анкеры по данным наблюдений не превысила 200 кН.

Таким образом, разработанная технология доупрочнения приконтурного массива демонтажных камер, основанная на закреплении канатных анкеров за контуром неустойчивой части массива определяемой поверхностями наклоненными под углами полными сдвижений, обеспечивает безопасное устойчивое состояние кровли, характеризующееся существенно меньшим расслоением кровли по сравнению со стандартным креплением и нагрузкам, не превышающим несущую способность канатного анкера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Петухов И.М., Линьков А.М., Сидоров В.С. Теория защитных пластов. М., «Недра», 1976, 224 с.

□ Авторы статьи:

Ануфриев
Виктор Евгеньевич
- канд. техн. наук,
старший научный
сотрудник ИУУ СО
РАН

Позолотин
Андрей Сергеевич
- аспирант КузГТУ,
ведущий програм-
мист ИУУ СО РАН

Ренев
Алексей Агафонгелович
- докт. техн. наук, проф.
каф. разработки место-
рождений полезных
ископаемых подземным
способом

Рычковский
В.М.
- канд. техн. наук,
зам. нач. Кузнецко-
го управления Гос-
гортехнадзора РФ

Самолетов
Юрий Юрьевич
- главный техно-
лог ЗАО «Распад-
ская»

УДК 622.286

П.В. Егоров, А.В. Песиков

К ВОПРОСУ ВЫБОРА БАЗОВОЙ СХЕМЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ

Существующие аналитические методы расчета конструктивных параметров целиков можно подразделить на группы, в основе которых лежат гипотеза свода, гипотеза плит и балок,

гипотеза трещиноватой среды и методы механики упругой среды.

Гипотеза упругой среды. Однородные прочные породы типа песчаников, обладающие

высокими упругими постоянными, при достаточной их мощности (сравнительно с размерами выработки) практически допустимо рассматривать как упругую среду. Основанием